

### К ВОПРОСУ О ГОРЕНИИ НЕКОТОРЫХ БАЛЛИСТИТНЫХ ПОРОХОВ

Э. В. Конев  
(Новосибирск)

В работе [1] было показано, что влияние светового излучения на процесс горения пороха Н носит в основном тепловой характер. Представляло интерес проверить этот вывод на других порохах, особенно на основном компоненте баллиститных порохов — пироксилине. Ниже приводятся некоторые данные по горению пороха Н с добавкой 1% сажи и пироксилинового пороха при различных начальных температурах и дополнительных световых потоках. Измерения производились по методике, описанной в работах [1, 2]. Для измерений использовались образцы пороха Н+1% сажи диаметром 20 мм и образцы пироксилинового пороха диаметром 5—5,5 мм.

Результаты измерений зависимости скорости горения пироксилинового пороха и пороха Н с добавкой 1% сажи от начальной температуры (кривые 1 и 2 соответственно), а также взятая из работы [1] аналогичная зависимость для пороха Н (кривая 3), представлены на рис. 1. В таблице

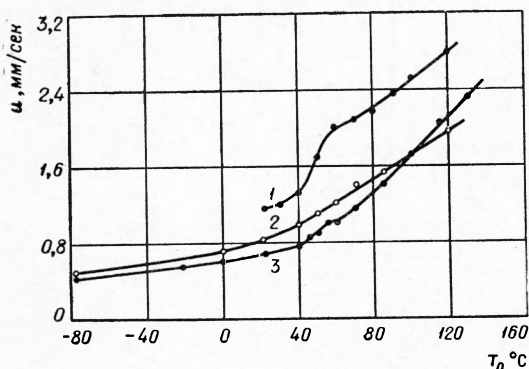


Рис. 1.

приведены численные значения скоростей горения у исследованных порохов при различных начальных температурах, а также точность измерения этих скоростей, соответствующая надежности 0,95.

При таких диаметрах образца, как у использованного пироксилинового пороха, даже незначительный трудно контролируемый завал по периферии образца (конусность) может приводить к значительным

погрешностям измерения скорости горения. Это может быть одной из причин большого разброса экспериментальных точек у пироксилинового пороха. Возможна и другая причина — неоднородность химического состава пороха. Поэтому часть каждой пороховой шашки использовалась для получения зависимости скорости горения от начальной температуры, а часть — для получения зависимости скорости горения от плотности

светового потока. Несмотря на большой разброс точек, характер зависимости скорости горения пироксилинового пороха от начальной температуры не вызывает сомнений.

Экспериментальные данные по зависимости скорости горения пороха Н+1% сажи от плотности светового потока представлены на рис. 2.

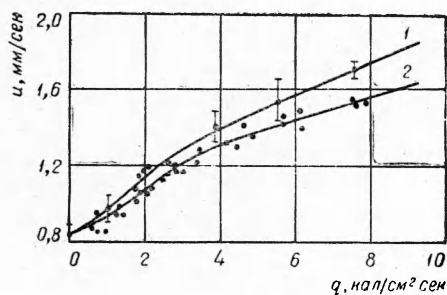


Рис. 2.

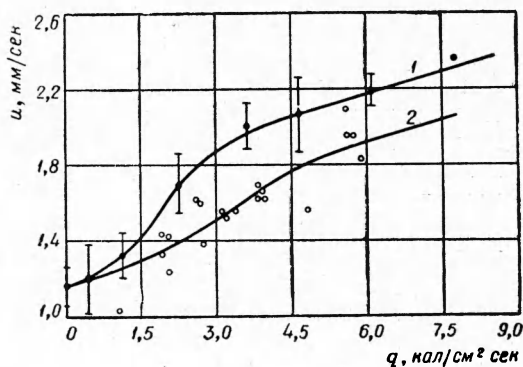


Рис. 3.

Кривая 1 здесь получена экспериментально. При этом по оси абсцисс отложен световой поток, излучаемый световой установкой на образец, а не световой поток, поглощенный порохом. Последний должен быть значительно меньше из-за потерь света. Кривая 2 получена пересчетом из зависимости от начальной температуры с помощью соотношения.

$$q = c\rho u \Delta T_0$$

где величина  $q$  равнозначна плотности поглощенного светового потока,  $c$  — теплоемкость пороха,  $\rho$  — его плотность,  $u$  — скорость горения при начальной температуре  $T_0$ ,  $\Delta T_0$  — разница между начальной температурой подогретого пороха и комнатной температурой, при которой снималась экспериментальная зависимость скорости горения от плотности светового потока. На рис. 3 представлены аналогичные кривые для пироксилинового пороха. Результаты пересчета зависимости скорости горения исследованных порохов от начальной температуры в координаты скорость горения — световой поток приведены в таблице.

Из рис. 2 и 3 следует, что как у пороха Н+1% сажи, так и у пироксилинового пороха экспериментальные кривые лежат ниже пересчитанных,

Пироксилин				Порох Н+1% сажи			
$T_0, ^\circ\text{C}$	$u, \text{мм/сек}$	$\Delta u, \text{мм/сек}$	$c\rho u \Delta T_0$	$T_0, ^\circ\text{C}$	$u, \text{мм/сек}$	$\Delta u, \text{мм/сек}$	$c\rho u \Delta T_0$
22	1,16	$\pm 0,10$	0	-78	0,48	$\pm 0,05$	—
30	1,19	$\pm 0,19$	0,46	0	0,71	$\pm 0,05$	—
40	1,32	$\pm 0,12$	1,14	21	0,83	$\pm 0,06$	0
50	1,70	$\pm 0,16$	2,28	40	0,97	$\pm 0,08$	1,03
60	2,00	$\pm 0,12$	3,65	50	1,11	$\pm 0,04$	1,80
69,3	2,06	$\pm 0,22$	4,68	60	1,21	$\pm 0,15$	2,64
80	2,19	$\pm 0,08$	6,10	70	1,40	$\pm 0,08$	3,84
90	2,36	—	7,70	85	1,54	$\pm 0,12$	5,52
100	2,53	$\pm 0,07$	9,48	100	1,71	$\pm 0,04$	7,26
120	2,82	$\pm 0,12$	13,27	120	1,97	$\pm 0,04$	10,92

как это и должно быть вследствие отражения света от поверхности горящего пороха и поглощения его в продуктах сгорания. Это обстоятельство, а также отсутствие тенденции к уменьшению процента светопотерь при увеличении светового потока, говорят в пользу теплового механизма влияния света на процесс горения исследованных порохов.

Сравнивая кривые 1 и 2 на рис. 2 и 3, можно оценить величину суммарных потерь света в описываемых. Оказалось, что они составляют  $\sim 27\%$  у пороха Н+1% сажи и  $\sim 40\%$  у пироксилинового пороха. Коэффициент отражения света от поверхности потушенного пороха Н+1% сажи был измерен затем путем сбрасывания облученных образцов в микрокалориметр и оказался равным  $\sim 6\%$ . По-видимому, доля поглощения света в продуктах сгорания у этого пороха является довольно значительной.

Интересные выводы можно сделать из сравнения зависимостей скорости горения изученных порохов от начальной температуры. Так, из рис. 1 видно, что характер этих зависимостей у пороха Н и у пироксилинового пороха существенно изменяется при повышении начальной температуры, причем примерно в одном и том же интервале температур ( $+40 \div +60^\circ\text{C}$ ). Но если у пироксилинового пороха сильная зависимость при этом сменяется слабой, то у пороха Н, наоборот, слабая сменяется сильной. В то же время у пороха Н с добавкой 1% сажи изменение хода кривой практически отсутствует.

На рис. 4 эти зависимости (обозначения кривых см. на рис. 1) представлены в координатах логарифм скорости горения — начальная температура.

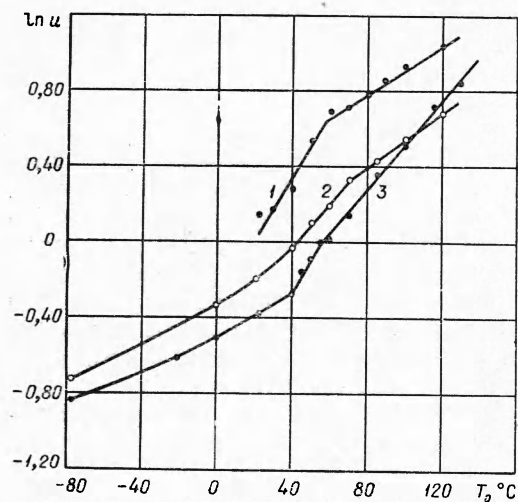


Рис. 4.

скорости горения — начальная температура. Как показала обработка кривых, наклон кривой у пороха Н резко возрастает от  $\sim 6 \cdot 10^{-3}$  1/град при температурах ниже  $+40^\circ\text{C}$  до  $\sim 12 \cdot 10^{-3}$  1/град при температурах выше  $+40^\circ\text{C}$ ; у пороха Н+1% сажи он плавно изменяется в пределах от  $\sim 6 \cdot 10^{-3}$  до  $\sim 9 \cdot 10^{-3}$  1/град; у пироксилинового пороха он резко уменьшается от  $\sim 19 \cdot 10^{-3}$  до  $\sim 6 \cdot 10^{-3}$  1/град при температуре порядка  $+60^\circ\text{C}$ .

Таким образом, зависимости скорости горения от начальной температуры у нитроглицеринового и пироксилинового порохов качественно отличаются друг от друга. Это говорит о том, что введение в

пироксилин нитроглицерина существенно изменяет механизм его горения. Можно ожидать, что выяснение причин этого явления значительно расширит знания о механизме горения баллистических порохов.

Представленные выше данные показывают также, что добавка 1% сажи к пороку Н сильно влияет на процесс его горения: скорость горения становится больше, чем у пороха Н, при начальных температурах выше  $+100^\circ\text{C}$ , и меньше, чем у пороха Н, при более высоких температурах. При этом зависимость скорости горения пороха Н+1% сажи от начальной температуры становится при  $T_0 > +40^\circ\text{C}$  настолько слабой, что изменение наклона кривой  $\ln u - T_0$  у него практически отсутствует.

Причины описанного влияния сажи на процесс горения пороха недостаточно ясны. По-видимому, их следует искать на основе результатов работы [3], авторы которой пришли к выводу, что частицы сажи при горении ВВ и порохов катализируют процесс распада промежуточных продуктов на своей поверхности. При этом добавка сажи может как уменьшать эффективную энергию активации в ведущей зоне, так и изменять определенным образом зависимость глубины распада в этой зоне от температуры.

*Поступила в редакцию  
3/IV 1965*

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Э. В. Конев. Научно-технические проблемы горения и взрыва, 1965, 2.
  2. Э. В. Конев, С. С. Хлевной. ПМТФ, 1963, 2.
  3. А. Ф. Беляев, С. А. Цыганов. Докл. АН СССР, 1964, 157, 2.
-